中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）41(4)：317～330（1992）

稉稻產量構成要素及農藝性狀對產量穩定性之影響[1]

呂秀英　呂椿棠　陳正昌[2]

摘要：本研究之目的在利用1990至1991年間11個稉稻品系於7個地區進行兩年各二期作的區域試驗資料爲分析材料，闡明稉稻產量構成要素及農藝性狀對產量穩定性的影響，並探討利用其他性狀進行間接選拔以提高稻穀產量穩定性的可行性。結果得知：

1. 不同期作下不同性狀配合直線迴歸模式的效率有相當之差異，各性狀之廣義遺傳率愈高，適用性也愈好。
2. 由於第一期作產量的平均值與穩定性係數間之正相關關係不存在，因此可從中選育出高產且穩定的品系，如臺稉育34號、4268號、4160號及4156號等四品系；第二期作之產量，各新育成品系似乎並無突出優秀之表現，且產量愈高者其穩定性也較差。
3. 對產量穩定性有影響的性狀在第一期作爲千粒重，第二期作則爲全生育日數；亦即千粒重較小或早熟品系的產量對環境之變化較爲穩定。但由於此等性狀對產量穩定性的影響結果似乎與遺傳機制無關，故將之應用於產量穩定性的間接選拔上，仍相當困難。

關鍵詞：遺傳率、間接選拔、稉稻、區域試驗、產量構成要素、產量穩定性。

維持產量穩定性（yield stability）的原因一般並不清楚，大致可分爲四種機制（Heinrich *et al.,* 1983）：遺傳異質性（genetic heterogeneity），產量構成要素之補償作用（yield component compensation），壓力忍耐性（stress tolerance）以及可塑性（plasticity，即壓力消失後快速恢復的能力）。以族群遺傳之觀點來看，異型接合體的基因型對環境變化較同質接合體較不敏感，而異質族群較同質族群對環境變異有較好的緩衝能力（Lerner, 1954; Lewontin, 1957; Allard and Bradshaw, 1964）。Grafius（1957）指出，產量爲一些主要性狀的綜合表現結果，這些性狀稱之爲產量構成要素。產量構成要素之間通常存在有互相補償的作用，即降低某一要素性狀之水準，可能會伴隨著另一構成要素的收量相對地增加，致使產量趨於穩定（Grafius, 1969; Castleberry, 1973）。至於忍耐性及可塑性，則多發生在有問題的土壤或抵抗病蟲害的場合（Mahadevappa *et al*., 1979; Webster, 1972）。由於產量爲一種複合性狀，因此某些產量構成要素在育種過程中對環境壓力忍耐及可塑的能力與程度，亦將影響產量所表現出的穩定性（Westerman and Lawrence, 1970; 松尾，1978, 1979; 片岡, 1981; Mohammad and Francis, 1983）；但其影響程度卻因作物或品種種類之不同而異，如 Bains and Gupta（1972）於春作小麥，Aastveit and Aastveit（1984）於大麥以及 Singh and Bains（1984）於鷹嘴豆（chickpea）等，則並未發現產量與產量構成要素穩定性間有明顯之關係，此或許是因爲在發育調節作用上不同性狀多少有其自有遺傳系統或機制的部份（Aastveit and Aastveit, 1984）。

---

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1639 號。
2. 本所農藝系副研究員、助理及助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

作物產量及其構成要素均爲數量性狀，其變異通常受一群作用相似且效果微小的數量基因控制，基因間又有相加相乘的作用，因此其穩定性遺傳率一般均甚低，特別是用迴歸離差均方所評估的穩定性，故甚難對其進行直接的選拔（Becker and Léon, 1988）；如能利用其他性狀的間接選拔，當可增進產量穩定性的選拔反應，目前成功的實例有雙穗玉米較單穗玉米在低產環境下穩定性較高（Russell and Eberhart, 1968; Cross, 1977），晚熟玉米品種較適於高產環境（Löffler *et al*., 1986），小粒型大豆比大粒型大豆表現穩定（Dantuma *et al*., 1983）等，但也有其他不同作物之試驗結果指出，針對其他性狀的間接選拔雖可應用於提高抗病能力之穩定性，但對於植物形態或產量要素之穩定性分析則較難具效率。在水稻方面的相關研究並不多見，根據松尾（1978，1979）之試驗結果，水稻產量性狀的穩定性與其相關形態性狀表現型的可塑性之間有密切關係，例如穗數與穗長，千粒重與株高。而片岡（1981）則認爲水稻品種穗數所表現出的穩定性，決定在幼穗形成期之葉面積及光合作用能力對環境適應的程度。

稻穀產量由穗數、千粒重、稔實率及一穗穎花數等四要素所構成（松島，1976），除穗數在水稻生育早期形成外，其餘三者均在幼穗分化期以後形成。從水稻生育過程觀之，在最高分蘗期前，其產量受單位面積穗數的支配，自最高分蘗期至抽穗前則主要受一穗穎花數的支配，抽穗後則受稔實率和千粒重的支配（鄔等, 1975; 謝, 1978）；換言之，稻穀產量的形成是由一連串錯綜複雜的生長過程貫穿而成。這些生育過程的變化均足以影響作物的生長，且與環境因子互相作用，終而作用於稻穀產量。因此探討產量構成要素與環境間的互相關係，將有助於對產量穩定性的瞭解。本研究之目的即在利用1990至1991兩年各二期作的稉稻區域試驗資料爲分析材料，闡明稉稻主要農藝性狀（包括產量構成要素）與產量穩定性間的關係，藉以瞭解稉稻產量構成要素及農藝性狀對產量穩定性的影響，並探討利用其他第二性狀進行間接選拔以提高稻穀產量穩定性的可行性。

材料與方法

試驗材料與方法

以1990年至1991年（民國79至80年）計二年四期作的稉稻區域試驗資料爲分析材料，所使用之11個參試品系及7個試驗地區如表1所列。除了臺稉育3930號及其參考品種高雄141號爲早熟品種（系）之外，其他8個新育成品系及對照品種臺農67號均爲中晚熟品種（系）。

表1. 稉稻於1990至1991兩年各二期作區域試驗之參試品種（系）及環境

Table 1. Rice strains/varieties and test locations for regional yield trials in 1990 and 1991

品種（系） Strain/Variety	環境 Location
1. 臺稉育34號	1. 桃園新屋
2. 臺稉育8269號	2. 彰化大村
3. 臺稉育4268號	3. 嘉義鹿草
4. 臺稉育2170號	4. 屏東
5. 臺稉育4160號	5. 臺東
6. 臺稉育4156號	6. 花蓮
7. 臺稉育2370號	7. 宜蘭三星
8. 臺稉育2970號	
9. 臺稉育67號（CK1）	
10. 臺稉育3930號	
11. 高雄141號（CK2）	

。試驗方法採用逢機完全區集摺疊設計法（randomized complete block with nested design），中晚熟及早熟品系合併設計但區分排列，重覆4次，按當地高級產量試驗標準，5行區，每行20株，4～6本植，小區面積4.5㎡，行株距30×15cm（仿機插之栽培密度），並依當地農時實施，田間作業管理採一般方式執行。調查項目包括：全生育日數（移植至成熟）、成熟期株高（cm）、穗數、穗長（cm）、穗重（g）、一穗穎花數、稔實率（%）、千粒重（g）及稻穀產量（kg／ha）。

統計方法

各性狀試驗資料以直線迴歸模式進行穩定性分析。其方法係以各環境之平均產量與整個試驗的總平均產量之偏差，作為該一試驗的環境效應估值，稱之為環境指標（environmental index），而將各基因型之交感效應（Perkins and Jinks, 1968）或平均產量（Finlay and Wilkinson, 1963）隨這些指標作迴歸的分析，並以最小自乘法（least squares method）估計迴歸係數（b 或 b′），b+1=b′，一般稱 b′ 為穩定性係數（stability index）；利用穩定性係數和品種平均表現值可以評估基因型的穩定性及生產力。設有 m 個基因型於 n 個不同環境下重覆 r 次的試驗資料，則直線迴歸穩定性分析之數學模式如下：

$$Y_{ijk} = m + G_i + E_j + I_{ij} + d_{ij} + e_{ijk} \qquad (1)$$

$$= m + G_i + E_j + b_i E_j + d_{ij} + e_{ijk} \qquad (2)$$

$$= m + G_i + b'_i E_j + d_{ij} + e_{ijk} \qquad (3)$$

式中 $i=1..m,\ j=1..n,\ k=1..r$。

而 Y_{ijk} ：基因型（品系）i 在環境 j 中第 k 次重覆的觀測值；

m ：總平均值；

G_i ：基因型 i 的遺傳效應；

E_j ：環境 j 的效應；

I_{ij} ：基因型 i 與環境 j 之交感效感；

d_{ij} ：迴歸剩餘機差；

e_{ijk} ：試驗機差。

並且可估算變方分析表如表2。

表2.　區域試驗變方分析表

Table2.　Analysis of variance table for regional yield trials

變因 Source	自由度 D.F.	平方和 Sum of squares	均方 Mean square	均方期望值 Expected mean squares Fixed model	Mixed model+
Genotype(G)	m−1	SS(G)	MS(G)	$\sigma^2+rn\sigma_G^2$	$\sigma^2+r\sigma_d^2+rn\sigma_G^2$
Environment(E)	n−1	SS(E)	MS(E)	$\sigma^2+rm\sigma_E^2$	$\sigma^2+rm\sigma_E^2$
G×E	(m−1)(n−1)	SS(GE)	MS(GE)	$\sigma^2+r\sigma_{GE}^2$	$\sigma^2+r\sigma_{GE}^2$
Heterogeneity(b)	m−1	SS(b)	MS(b)	$\sigma^2+r\sigma_d^2+rn\sigma_b^2$	$\sigma^2+r\sigma_d^2+rn\sigma_b^2$
Deviation(d)	(m−2)(n−1)	SS(d)	MS(d)	$\sigma^2+r\sigma_d^2$	$\sigma^2+r\sigma_d^2$
Error	r(m−1)(n−1)	SSE	MSE	σ^2	σ^2

+：假設 G 為固定型效應，E 為逢機型效應。

+：Assuming G effect is fixed and E effect is random.

在獲致初步變方分析之同時，過去學者多會以變方分析中的交感效應直線性比例（% G×E linear; Omolayo, 1990）或變方直線性比例（l.p. %; Fripp and Caten, 1971; Lu and Wu, 1987）來概估呈直線性之品系所佔的比例，藉以將直線迴歸分析法應用上的效率（effectiveness）予以數量化。本研究將同時考慮該兩種估算方法，以探討各性狀對直線迴歸穩定性分析的適用程度，並比較兩者間結果及意義上的差異。該兩種比例值之估算公式定義如下：

$$\% \ G\times E \ \text{linear} = [SS(b)/SS(GE)] \times 100 \quad [4]$$

$$\text{l.p.}\% = [l/(l+nl)] \times 100 \quad [5]$$

其中 SS(b)，SS(GE)分別爲變方分析表（表2）中所示之迴歸間差項及交感效應平方和；l=MS(b)－MSE，nl=MS(d)－MSE，而 MS(b)，MS(d)，MSE 各爲變方分析表（表2）中之迴歸間差、剩餘機差及試驗差項均方。

Breese (1969) 認爲在進行品種區域性試驗後，應同時以平均值及穩定性大小爲選拔的依據，故提倡考慮平均值及環境反應之廣義遺傳率估算法如下：

$$Hb(\%) = \frac{\sigma_G^2 + \sigma_b^2}{\sigma_G^2 + \sigma_b^2 + \sigma_d^2 + \sigma^2} \times 100 \quad [6]$$

式中各變方成份估值可由表 2 之變方分析中均方期望值的關係計算求得。本研究將利用此方法估算在同時考慮環境變化時之各性狀的遺傳率，以便進而瞭解各性狀遺傳率與配合直線迴歸穩定性分析之效率間的關係。

最後則以相關分析計量各種性狀與產量之穩定性間的關係，藉以瞭解稉稻產量構成要素及其他農藝性狀對產量穩定性的影響。

結果與討論

爲明瞭各性狀在不同品系及環境下之差異，將資料進行變方分析，結果列於表3。由表中得知，各性狀於第一、二期作因地點及品系之不同，皆有極顯著之差異（達1%之水準）。第一期作之穗長、一穗穎花數、稔實率以及第二期作之穗重、一穗穎花數、稔實率、產量的迴歸間差項呈顯著或極顯著存在，表示就上述性狀而言，各品系之基因型與環境交感效應（GXE）不但可與環境指標（E）呈直線關係，由各品系所估得之迴歸係數間亦有差異存在。此亦可由表4之直線性比例估值獲得印證，不論是以交感效應直線性比例（% G×E linear）或變方直線性比例（l.p.%）表示，這些性狀均大於其他性狀。由於交感效應直線性比例是以直線平方和佔交感效應平方和之比例值爲測度單位，故有異於 Fripp and Caten (1971) 所提之以變方爲主之直線性比例，而從本研究之試驗材料分析結果，前者所估得之數值甚小於後者。比較實際根據個別迴歸分析所得的結果（表5），除了臺稉育2970號第一期作株高、臺稉育3930號第一、二期作一穗穎花數以及高雄141號第一期作一穗穎花數之穩定性係數不顯著之外（即直線性不存在），所有性狀各品系之交感效應皆可與直線關係配合良好，顯然利用該兩種直線性比例估算法所求得的結果有低估的現象，尤其是交感效應直線性比例法；變方直線性比例因爲與變方分析表中之迴歸間差項均方直接有關，故當此均方愈大至極顯著時，則其評估結果將更接近於實際數值。由於迴歸間差項顯著存在時，進行品系間相對穩定性的評價始具效率，即各品系顯著存在的迴歸係數（穩定性係數）間存有差異可互相比較，因此，變方直線比例法雖較實際偵出結果略爲低估，但其所估得之保守數值，與其說是用來估計呈直線性之品系所佔的比例數值，不如定義爲直線迴歸模式應用於穩定性分析的效率。就論證直線迴歸模式之適用性的立場而言，當供試

品系數甚多時，變方分析後再進行各品系之個別迴歸分析實在麻煩，利用變方分析中之均方所估得之直線比例估值，倒不失爲可資直接而迅速地提供訊息之少數方法之一。而過去爲部份學者習於採用的交感效應直線性比例，根據本研究結果，由於有過度低估的現象，故在穩定性分析上的引用意義不大。

表3. 11個稉稻品系於1990年一期作至1991年二期作在7個地區進行之區域試驗各性狀之變方分析(固定型)

Table 3. ANOVA of agronomic and yield traits for 11 japonica rice genotypes across 7 locations in the first and second crop seasons of 1991 and 1992 (fixed model)

變因 Source	自由度 D.F.	均方 Mean square								
		全生育日數 Growth day	株高 Plant height(cm)	穗數 Panicle number	穗長 Panicle length(cm)	穗重 Panicle weight(g)	一穗穎花數 Spikelets per panicle	稔實率 Seed-set(%)	千粒重 1000-kernel weight(g)	產量 Yield (kg/ha)
一期作 1st crop										
Genotype(G)	10	857.6 **	1,181.2 **	108.4 **	30.7 **	3.0 **	6,117.8 **	1,034.2 **	104.8 **	4,573,113.5 **
Environment(E)	13	2,800.3 **	942.9 **	196.0 **	44.9 **	4.1 **	5,344.0 **	3,808.6 **	110.1 **	55,724,295.6 **
G×E	130	19.0 **	43.6 **	4.2 **	1.4 **	0.2 **	337.0 **	122.7 **	4.3 **	970,736.5 **
Heterogeneity(b)	10	14.9	54.2	5.1	2.7 *	0.3	1,502.6 **	405.8 **	2.3	965,609.2
Deviation(d)	120	19.4 **	42.7 **	4.1 **	1.3 **	0.2 **	239.8 **	99.1 **	4.4 **	971,163.8 **
Error	462	0.4	8.4	2.2	0.4	0.1	120.8	17.1	0.9	154,007.2
二期作 2nd crop										
Genotype(G)	10	979.2 **	1,019.3 *	50.5 **	14.7 **	2.4 **	6,251.9 **	564.7 **	87.2 **	3,338,075.0 **
Environment(E)	13	2,834.8 **	1,313.3 **	132.3 **	32.0 **	5.9 **	4,367.7 **	2,392.7 **	256.5 **	43,657,070.8 **
G×E	130	35.2 **	57.2 **	2.4 **	1.3 **	0.1 **	270.6 **	68.9 **	3.9 **	433,432.7 **
Heterogeneity(b)	10	23.4	36.8	1.3	1.6	0.5 **	1,011.8 **	137.5 *	6.2	952,874.7 *
Deviation(d)	120	36.2 **	58.9 **	2.5 **	1.3 **	0.1 **	208.9 **	63.1 **	3.7 **	390,145.9 **
Error	462	2.4	29.5	1.6	0.6	0.1	94.7	18.6	1.2	78,248.3

*,** : 達5%及1%顯著水準。

*,** : Significant at 5% and 1% levels, respectively.

由表4之變方直線性比例估算結果，可知不同期作下不同性狀配合直線迴歸模式的效率有相當之差異，第一期作以一穗穎花數及稔實率最高，分別爲92%及83%，其次爲穗長之71%，第二期作則以穗重及一穗穎花數最高，分別爲92%及89%，其次爲稔實率及產量，各爲73%及74%，其他性狀則均不高。Omolayo (1990) 以交感效應直線性比例法作爲直線迴歸模式適用的效率估計值，指出秋葵 (okra) 不同性狀的交感效應不盡能以環境之直線關係予以解釋，其性狀遺傳率愈高，則配合程度也愈高。由本研究所估計之各性狀的廣義遺傳率 (表4) 來看，稉稻第一期作之一穗穎花數及稔實率與第二期作之穗重及一穗穎花數之遺傳率確實最高，在70%～74%之間，而第一期作之穗長與第二期

作之稔實率及產量的遺傳率則居中，各爲57%、49%及56%，但全生育日數之遺傳率雖高達75%，其變方直線性比例估值卻不高。倘不計全生育日數，由圖1所示，遺傳率愈高的性狀，變方直線性比例估值確有增大的趨勢，即對直線迴歸穩定性分析模式的適用性愈好，其中又以第二期作比第一期作存在有更顯著的正相關關係。

表4. 粳稻一、二期作之廣義遺傳率及直線性比例估計值

Table 4. Broad sense heritability and linear proportion estimates for japonica rice in the first and second crop seasons

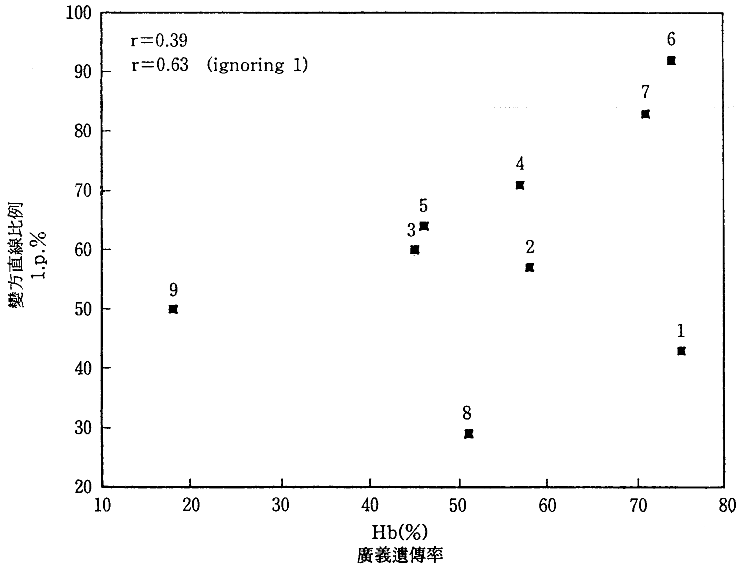
性狀 Character	廣義遺傳率 Hb (%)	交感效應直線性比例 % G×E linear	變方直線性比例 l.p.%
		一期作 1st crop	
全生育日數 Growth day	75	6	43
株高 Plant height (cm)	58	10	57
穗數 Panicle number	45	9	60
穗長 Panicle length (cm)	57	14	71
穗重 Panicle weight (g)	46	11	64
一穗穎花數 Spikelets per panicle	74	34	92
稔實率 Seed-set (%)	71	25	83
千粒重 1000-kernel weight (g)	51	4	29
產量 Yield (kg/ha)	18	8	50
		二期作 2nd crop	
全生育日數 Growth day	62	5	38
株高 Plant height (cm)	34	5	20
穗數 Panicle number	32	4	0
穗長 Panicle length (cm)	28	9	57
穗重 Panicle weight (g)	70	32	92
一穗穎花數 Spikelets per panicle	72	29	89
稔實率 Seed-set (%)	49	15	73
千粒重 1000-kernel weight (g)	54	12	67
產量 Yield (kg/ha)	56	17	74

Hb (%) : Broad sense heritability.

% G×E Linear : Percentage of the G×E interaction sum of squares accounted for by the linear regressions on environmental indices.

l.p.% : Percentage of the linear proportion by Fripp and Caten (1971).

(a) 第一期作 1st crop season



(b) 第二期作 2nd crop season

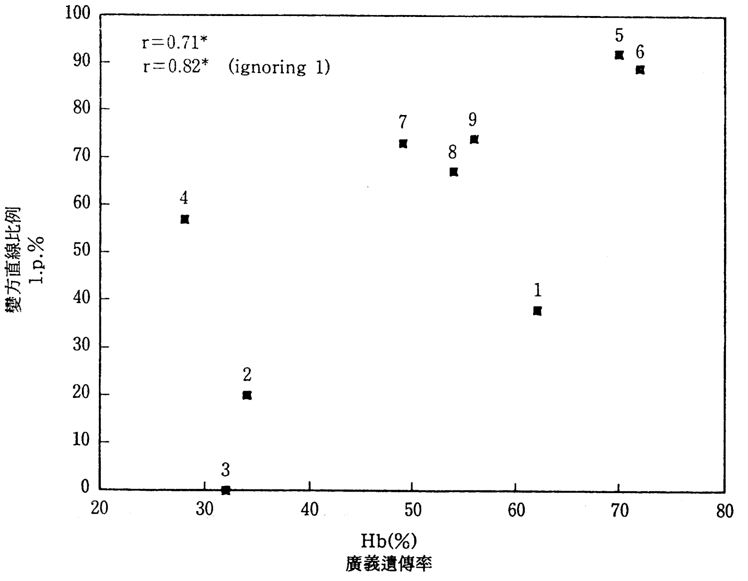


圖1. 稉稻性狀廣義遺傳率與變方直線性比例間之關係。
1：全生育日數，2：株高，3：穗數，4：穗長，5：穗重，
6：一穗穎花數，3：稔實率，8千粒重，9：產量

Fig1. Relationship between the broad sense heritability and linear proportion for different characters of japonica rice.
(a) 1st crop season, (b) 2nd crop season.
1 : Growth day, 2 : Plant height, 3 : Panicle number, 4 : Panicle length,
5 : Panicle weight, 6 : Spikeletes per panicle, 7 : Seed-set (%) ,
8 : 1000-kernel weight, 9:Yield.

但無論如何，僅就表5之各品系個別迴歸分析結果而言，由於各性狀幾乎所有品系之直線性均顯著存在，因此所估得之穩定性係數仍具有評價之意義(唯當變方分析表中之迴歸間差項均方顯著時，各品系穩定性間始存有差異可予比較，而使得應用上更具效率)。11個稉稻参試品系在7處地區2年第一、二期作之各性狀的穩定性係數及平均表現值分別列於表5及表6。由表7各性狀之平均值與其穩定性係數間的相關分析，可知第一期作穗數、一穗穎花數及稔實率等性狀的平均值與穩定性係數之間呈極顯著相關，表示如果以該等性狀爲育種選拔目標，則不易選出穩定且高收量的理想品系，因爲穗數、一穗穎花數或稔實率愈高的品系，其穩定性係數也高，即相對於其他品系愈是不穩定。第二期作下則以穗長、穗重、一穗穎花數、稔實率及產量之平均值大的品系，對環境之變異愈是敏感（相關係數顯著或極顯著存在）。就第一期作產量而言，由於平均值與穩定性係數間的正相關關係並不存在，因此應可從中選育出高產且穩定的品系，如中晚熟品系中以臺稉育34號、4268號、4160號及4156號等四品系，表現高產且穩定之適應性，而参試材料之早熟品系，雖然穩定但平均產量低於其他中晚熟品系，其中臺稉育3930號之表現又低於早熟對照品種高雄141號（圖2—（a)）。至於第二期作之產量，各新育成品系似乎並無突出優秀之表現，均低於對照品系臺農67號，且產量愈高者其穩定性也較差，其中早熟品系臺稉育3930號稍高產於其早熟參考品種高雄141號（圖2—（b)及表7)。

表5. 11個稉稻品系在7個地區2年一、二期作之各性狀的穩定性係數估值

Table 5. Stability indices of 9 agronomic and yield traits for 11 japonica rice genotypes across 7 locations in the first and second crop seasons of 1991 and 1992

品　系 Variety	全生育日數 Growth day	株　高 Plant height(cm)	穗　數 Panicle number	穗　長 Panicle length(cm)	穗　重 Panicle weight(g)	一穗穎花數 Spikelets per panicle	稔實率 Seed-set(%)	千粒重 1000-kernel weight(g)	產　量 Yield (kg/ha)
一期作 1st crop									
臺稉育34號	0.99**	0.78**	1.05**	0.93**	0.90**	0.85**	0.67**	1.08**	1.03**
臺稉育8269號	0.96**	1.13**	0.90**	0.93**	1.21**	0.94**	1.14**	1.05**	1.00**
臺稉育4268號	1.00**	0.89**	0.71**	0.88**	0.80**	0.58**	0.77**	1.13**	1.03**
臺稉育2170號	1.10**	1.15**	1.04**	0.88**	0.80**	0.75**	0.81**	0.98**	1.21**
臺稉育4160號	1.04**	1.08**	0.93**	1.58**	1.48**	1.90**	1.02**	1.06**	1.14**
臺稉育4156號	1.03**	1.07**	0.91**	1.22**	1.20**	1.70**	1.04**	0.90**	1.01**
臺稉育2370號	1.02**	1.18**	1.19**	1.00**	1.14**	0.95**	1.08**	0.74**	0.88**
臺稉育2970號	0.90**	0.50	1.18**	0.87**	0.93**	1.44**	1.14**	0.82**	0.77**
臺稉育67號(CK1)	0.91**	0.87**	1.07**	0.82**	0.83**	0.87**	0.51*	0.96**	0.91**
臺稉育3930號	1.10**	1.26**	0.88**	0.82**	0.73**	0.25	1.60**	1.10**	1.05**
高雄141號(CK2)	0.95**	1.90**	1.14**	1.06**	0.97**	0.77**	1.22**	1.15**	0.98**
二期作 2nd crop									
臺稉育34號	1.03**	0.90**	1.05**	0.98**	1.15**	1.14**	1.24**	1.12**	1.14**
臺稉育8269號	1.05**	1.03**	1.00**	1.10**	1.05**	1.20**	1.14**	1.17**	1.01**
臺稉育4268號	0.69**	0.76**	0.92**	1.32**	1.24**	1.20**	1.05**	0.91**	1.15**
臺稉育2170號	1.12**	0.95**	0.92**	0.84**	0.81**	0.56*	0.66**	1.17**	0.80**
臺稉育4160號	1.01**	0.93**	1.20**	1.26**	1.32**	1.59**	0.94**	1.04**	1.03**
臺稉育4156號	1.05**	0.84**	0.95**	1.22**	1.25**	1.38**	1.00**	0.95**	0.93**
臺稉育2370號	0.98**	1.04**	1.00**	0.94**	0.81**	0.84**	1.11**	0.94**	1.09**
臺稉育2970號	0.85**	1.06**	0.92**	0.82**	0.97**	1.34**	1.39**	0.94**	1.07**
臺稉育67號(CK1)	0.95**	1.01**	1.10**	0.97**	0.95**	1.11**	0.96**	0.91**	1.10**
臺稉育3930號	1.10**	1.17**	1.04**	0.67*	1.04**	0.51	0.70**	1.15**	0.94**
高雄141號(CK2)	0.90**	1.31**	0.92**	0.90**	0.41**	0.12	0.81**	0.71**	0.74**

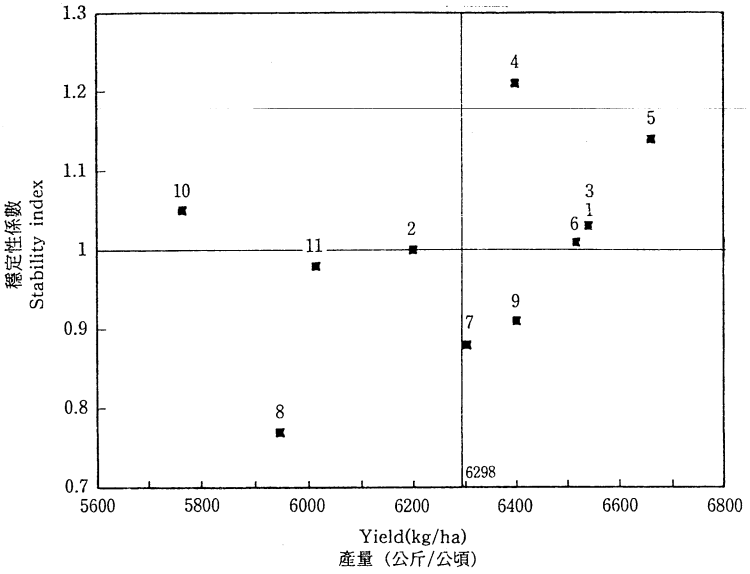
*,**：達5%及1%顯著水準。
*,**：Significant at 5% and 1% levels, respectively.

表6. 11個稉稻品系在7個地區2年一、二期作之各性狀的平均值

Table 6. Mean values of 9 agronomic and yield traits for 11 japonica rice genotypes across 7 locations in the first and second crop seasons of 1991 and 1992

品系 Variety	性狀 Character								
	全生育日數 Growth day	株高 Plant height(cm)	穗數 Panicle number	穗長 Panicle length(cm)	穗重 Panicle weight(g)	一穗穎花數 Spikelets per panicle	稔實率 Seed-set(%)	千粒重 1000-kernel weight(g)	產量 Yield (kg/ha)
一期作 1st crop									
臺稉育34號	123.13	101.71	16.51	17.89	2.18	91.25	85.10	24.98	6,540.71
臺稉育8269號	123.00	101.10	16.33	17.84	1.98	89.88	82.81	23.40	6,198.85
臺稉育4268號	123.98	98.03	15.49	18.63	2.16	84.34	86.44	26.77	6,541.51
臺稉育2170號	119.96	97.05	16.60	17.10	1.99	80.36	86.74	25.44	6,398.29
臺稉育4160號	120.14	104.58	14.34	18.54	2.41	107.15	83.73	24.08	6,659.29
臺稉育4156號	120.04	104.98	14.67	18.48	2.42	108.19	82.74	23.98	6,516.55
臺稉育2370號	122.21	102.78	16.91	18.32	2.01	90.47	83.89	23.34	6,302.14
臺稉育2970號	123.66	100.84	17.56	17.51	1.88	98.25	75.83	21.34	5,944.56
臺稉育67號(CK1)	123.11	101.89	16.46	17.81	2.11	90.99	84.85	24.33	6,400.24
臺稉育3930號	112.46	90.67	16.68	16.41	1.80	86.07	73.17	24.57	5,764.36
高雄141號(CK2)	113.95	92.90	19.50	16.79	1.68	73.67	84.59	23.77	6,015.00
平均 Average	120.51	99.68	16.46	17.76	2.06	90.97	82.72	24.18	6,298.32
LSD 5%	0.83	4.02	2.05	0.90	0.33	15.26	5.84	1.30	545.00
LSD 1%	1.09	5.29	2.71	1.19	0.44	20.11	7.69	1.71	717.88
二期作 2nd crop									
臺稉育34號	113.84	95.57	12.96	17.91	2.04	93.41	80.48	24.48	4,877.74
臺稉育8269號	114.25	96.77	12.72	17.79	1.98	95.31	78.67	23.56	4,746.51
臺稉育4268號	114.43	94.70	12.40	17.89	2.03	86.88	82.25	25.61	4,935.08
臺稉育2170號	112.30	92.29	13.59	17.94	1.79	80.82	81.40	24.71	4,459.56
臺稉育4160號	110.16	101.73	11.68	17.96	2.29	107.27	82.43	23.27	4,824.84
臺稉育4156號	110.27	102.40	12.03	17.75	2.19	103.80	81.53	23.43	4,836.59
臺稉育2370號	113.89	97.68	13.77	17.86	1.79	88.63	80.38	22.87	4,734.52
臺稉育2970號	115.61	95.66	13.45	17.62	1.77	100.49	73.13	20.93	4,399.88
臺稉育67號(CK1)	114.25	96.54	12.96	17.79	2.08	96.20	81.00	24.41	5,014.05
臺稉育3930號	104.02	87.54	13.33	16.35	1.87	83.78	81.52	24.75	4,596.79
高雄141號(CK2)	103.55	90.34	15.18	16.92	1.59	71.69	86.36	23.37	4,236.75
平均 Average	111.51	95.57	13.10	17.62	1.95	91.66	80.83	23.76	4,696.57
LSD 5%	2.17	7.55	1.76	1.11	0.05	13.52	5.98	1.53	388.48
LSD 1%	2.86	9.94	2.32	1.46	0.06	17.80	7.88	2.02	511.70

(a) 第一期作 1st crop season



(b) 第二期作 2nd crop season

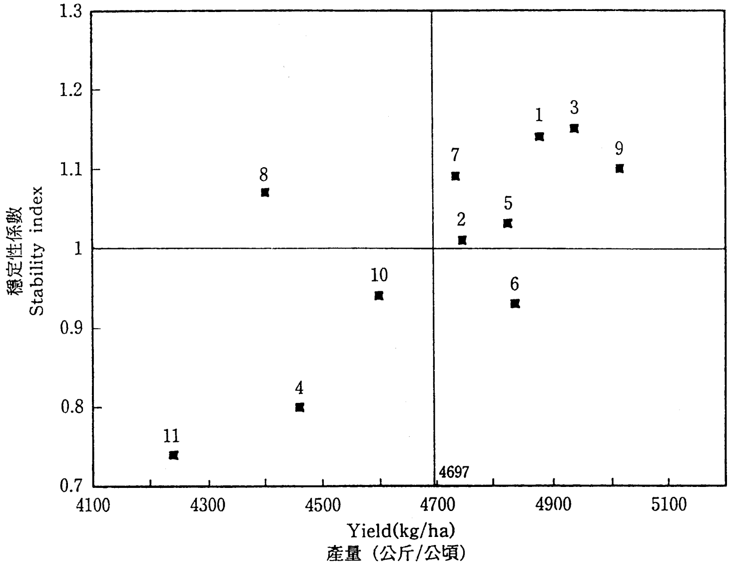


圖2. 11個稉稻品系產量平均表現值與其穩定性係數間之關係。
(a) 一期作，(b) 二期作。
1：臺稉育34號，2：臺稉育8269號，3：臺稉育4268號，4：臺稉育2170號，
5：臺稉育4160號，6：臺稉育4156號，7：臺稉育2370號，8：臺稉育2970號，
9：臺稉育67號（CK1），10：臺稉育3930號，11：高雄141號（CK2）。

Fig2. Relationship between the means and stability indices of grain yield for 11 japonica rice genotyes.
(a) 1st crop season, (b) 2nd crop season.
1：Taiken Yu 34, 2：Taiken Yu 8269, 3：Taiken Yu 4268, 4：Taiken Yu 2170,
5：Taiken Yu 4160, 6：Taiken Yu 4156, 7：Taiken Yu 2370, 8：Taiken Yu 2970,
9：Tainung 67, 10：Takien Yu 3930, 11：Kaohsiung 141.

表7. 稉稻品系各性狀平均值與其穩定性係數間之相關比較

Table7. Correlations between the means and stability indices for 9 agronomic and yield characters in japonica rice genotypes

期 作 Crop season	性 狀 Character								
	全生育日數 Growth day	株 高 Plant height(cm)	穗 數 Panicle number	穗 長 Panicle length(cm)	穗 重 Panicle weight(g)	一穗穎花數 Spikelets per panicle	稔實率 Seed-set(%)	千粒重 1000-kernel weight(g)	產 量 Yield (kg/ha)
I	0.46	0.29	0.63**	0.47	0.53	0.84**	0.75**	0.58	0.34
II	0.19	0.60	0.49	0.61*	0.88**	0.94**	0.70**	0.26	0.74**

*,**：達5%及1%顯著水準。

*,**：Significant at 5% and 1% levels, respectively.

為探討產量構成要素與產量穩定性之間的關係，本研究進行稉稻產量穩定性與其產量構成要素間之簡單相關分析，結果列於表8，顯然構成要素中的穗數、稔實率及一穗穎花數對產量穩定性並無直接關係，而千粒重在第一期作的平均表現值與產量穩定性之間呈顯著正相關，意味著在第一期作的生長環境下，千粒重愈大之品系，其稻穀產量愈不穩定。但由於千粒重之遺傳率不高(如表4所示約在0.5左右)，且須在收穫後始可進行調查，故對增進產量穩定性的選拔反應助益不大。至於其他生育性狀，無論一、二期作，株高、穗長及穗重之表現亦與產量穩定性間無顯著關係存在。第二期作全生育日數與產量穩定性之間呈顯著正相關，由此可知，早熟稉稻品系在第二期作之產量可較其他品系穩定（穩定性係數值較低），例如本研究試驗材料中的早熟品系臺稉育3930號及參考品種高雄141號，在第二期作之產量穩定性較高，此乃本省水稻第二期作後期各地區的溫度變化較大，早熟品系可避開不利的環境因素而致最終產量表現較晚熟品系穩定，而在第一期作之3、4月時，高屏地區早熟品系恰逢幼穗分化期，此時發生晚來寒流之機會較多，早熟品系反而容易受到不利的影響，以致在一期作雖生育日數提早，卻未必有利於產量穩定性，而晚熟品系在一期作後期則易遇到梅雨季節之影響。換言之，縱然全生育日數之遺傳率較高，且為可預知之品種特性，但其對產量穩定性的影響結果，應係早熟品系較容易避開二期作後期之不利環境因素所致，而與遺傳機制無關。綜觀之，雖然對產量穩定性有影響的性狀在第一期作為千粒重，第二期作為全生育日數，但擬藉著此等相關性狀之應用於提高稻穀產量穩定性的間接選拔，似相當困難。

表8. 稉稻品系產量穩定性係數與農藝性狀表現值間之簡單相關

Table8. Simple correlations between yield stability index and means of 8 agronomic and yield traits in japonica rice genotypes

期 作 Crop season	性 狀 Character							
	全生育日數 Growth day	株 高 Plant height(cm)	穗 數 Panicle number	穗 長 Panicle length(cm)	穗 重 Panicle weight(g)	一穗穎花數 Spikelets per panicle	稔實率 Seed-set(%)	千粒重 1000-kernel weight(g)
I	−0.30	−0.17	−0.40	−0.06	0.30	−0.12	0.37	0.68*
II	0.70*	0.40	−0.53	0.46	0.48	0.55	−0.47	0.01

*,**：達5%及1%顯著水準。

*,**：Significant at 5% and 1% levels, respectively.

參考文獻

1. 片岡勝美、高垣えりる、池上美子。1981。イネ品種におはゐ收量安定性と光合成關連形質の表現型可變性との

關係。育雜31：65—71。

2. 松尾孝嶺、上田恒義。1978。作物の適應性に關する解析的研究。Ⅰ.施肥量と日射量の變動によるイネ品種の收量安定性と收量關連形質の表現型可變性との關係。玉大農研報 19：47—54。

3. 松尾孝嶺、印南友雄。1979。作物の適應性に關する解析的研究。II.溫度およびN施肥量の變化に對するイネ品種の安定性について。育雜29：312—317。

4. 松島省三。1976。稻作の改善と技術。pp.214—219。養賢堂出版。

5. 鄔宏潘、廖雲英、錢美華、林燦隆、陳一心、王銀波、蔡國海、吳素貴、張萬來、林富雄、吳育郎。1975。第二期稻作低產原因之探討。科學發展月刊3(10)：5—40。

6. 謝順景。1978。臺灣一、二期作稻作產量構成要素及其他性狀表現之差異。臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集。pp.49—59。行政院國家科學委員會專集第二號，行政院國家科學委員會，臺北。

7. Aastveit, A. H. and K. Aastviet. 1984. Genetic variation of developmental stability in barley. Hereditas 101：155-170.

8. Allard, R. W. and A. D. Bradshaw. 1964. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. Crop Sci. 4：503-508.

9. Bains, K. S. and V. P. Gupta. 1972. Stability of yield and yield components in bread wheat. Ind. J. Gen. Plant Breed. 32：306-312.

10. Becker, H. C. and J. Léon. 1988. Stability analysis in plant breeding. Plant Breed. 101：1-23.

11. Breese, E. L. 1969. The measurement and significance of genotype-environment interactions in grass. Heredity 24：27-44.

12. Castleberry, R. M. 1973. Effects of thinning at different growth stages on morphology and yield of grain sorghum 〔*Sorghum bicolor* (L.) Moench〕. Ph. D. thesis, Univ. Nebraska, Lincoln.

13. Cross, H. Z. 1977. Interrelationship among yield stability and yield components in early maize. Crop Sci. 17：741-745.

14. Dantuma, G., E. von Kittlitz, M. Frauen and D. A. Bond. 1983. Yield, yield stabiliy and measurements of morphological and phenotypical characters of faba bean (*Vicia faba* L.) varieties grown in a wide range of environments in Western Europe. Z. Pflanzenzüchtg. 90：85-105.

15. Finlay, K. W. and G. N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. Aust. J. Agric. Res. 14：742-754.

16. Fripp, Y. J. and C. E. Caten. 1971. Genotype-environmental interactions in *Schizophyllum Commune*. I. Analysis and character. Heredity 27：393-407.

17. Grafius, J. E. 1957. Components of yield in oats ： A geometric interpretation. Agron. J. 49：419-423.

18. Grafius, J. E. 1969. Stress ： A necessary ingredient of genotype by environment interaction. pp. 346-355. In ：2nd Int. Barley Genetics Symp.

19. Heinrich, G. M., C. A. Francis and J. D. Eastin. 1983. Stability of grain sorghum yield components across diverse environments. Crop Sci. 23：209-212.

20. Lerner, I. M. 1954. Genetic Homeostasis. Oliver & Boyd., Edinbourg, London.

21. Lewontin, R. C. 1957. The adaptation of populations to various environments. Cold Spring Harb. Symp. Quant. Biol. 22：395-408.

22. Lõffler, C. M., M. T. Salaberry and J. C. Maggio. 1986. Stability and genetic improvement of maize yield in Argentina. Euphytica 35：449-458.

23. Lu, H. Y. and H. P. Wu. 1987. Studies on the dynamic model of plant adaptation of quantitative characters. I. Estimation of space-time parameters. Bot. Bull. Academia Sinica 28：219-235.

24. Mahadevappa, M. H., H. Ikehashi and F. N. Ponnamperuma. 1979. The contribution of varietal tolerance for problem soils to yield stability in rice. International Rice Research Institute Research Paper Series NO:43, IRRI., Los Baños, Philippines.

25. Mohammad, S. and C. A. Francis. 1983. Yield stability in relation to maturity in grain sorghum. Crop Sci. 23 : 683-687.

26. Omolayo, J. A. 1990. Effectiveness and relative discriminatory abilities of techniques measuring genotype x environment interaction and stability in okra (*Abelmoschus esculentus* (L) Moench). Euphytica 47 : 99-105.

27. Perkins, J. M. and J. L. Jinks. 1968. Environmental and genotype-environmental components of variability. III. Multiple lines and crosses. Heredity 23 : 339-356.

28. Russell, W. A. and S. A. Eberhart. 1968. Test-crosses of one- and two-ear types of corn belt inbreds. II. Stability of performance in different environments. Crop Sci. 8 : 248-251.

29. Singh, H. and K. S. Bains. 1984. Stability analysis of varietal mixtures in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Z. Pflanzenzüchtg 92 : 159-167.

30. Webster, O. J. 1972. Breeding sorghums for the seventies. pp. 173—179. In N. G. P. Rao and L. R. House, eds. Sorghum in seventies. 1979. Oxford and IBH Publishing Co., New Delhi, Bombay, and Calcutta.

31. Westerman, J. M. and M. J. Lawrence. 1970. Genotype-environment interaction and developmental regulation in *Arabidopsis thaliana*. I. Inbred lines; description. Heredity 25 : 609-627.

Effects of Yield Components and Agronomic Traits on Yield Stability of Japonica Rice[1]

H. Y. Lu, C. T. Lu and C. C. Chen[2]

Summary

Experimental data from the 1991-1992 regional trials of japonica rice were used to determine the effects of yield components and some agronomic traits on yield stability. The possibility of indirect selection of these traits for enhancing yield stability was also examined. The results were summarized as follows.

The effectiveness of regression analysis for yield stability varied with characters under different crop seasons. Quantitative characters with a high broad sense heritability were more applicable by the linear regression approach.

There was no positive correlation between the mean grain yield and yield stability index in the first crop season, it was therefore possible to breed genotypes with grain yield and yield stability higher than the mean values. Some examples were strains Taiken Yu 34, 4268, 4160 and 4156 in the first crop season. Grain yield of the tested strains was low in the second crop season. The mean yield was lower for a strain with higher yield stability, and vice versa.

Lower 1,000-kernel weight and early maturity seemed to contribute to yield stability in japonica rice grown in the first and second crop seasons, respectively. Data from this experiment indicated that the influence of these two traits on yield stability was not related to genetic mechanism, indirect selection of the two traits for higher yield stability in japonica rice was therefore not recommended.

Key words : Heritability, Indirect selection, Japonica rice, Regional yield trial, Yield component, Yield stability.

1. Contribution No. 1639 from Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Respectively, statistician, research assistant, and assistant agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan 413, ROC.